

# PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI TEMPAT OLAH SAMPAH SETEMPAT WERDI GUNA DESA GUNAKSA KABUPATEN KLUNGKUNG

I Putu Dedi Wiriastika<sup>1</sup>, I Nyoman Setiawan<sup>2</sup>, I Wayan Sukerayasa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana  
Jl. Raya Kampus Unud No.88, Jimbaran, Kec. Kuta Sel., Kabupaten Badung, Bali 80361  
putudediwiriastika@gmail.com<sup>1</sup>

## ABSTRAK

Penggunaan energi terbarukan atau *renewable energy* merupakan solusi dalam penerapan energi bersih dan ramah lingkungan, salah satunya yaitu pemanfaatan tenaga surya dengan sistem PLTS. Pada Penelitian ini, sistem PLTS yang direncanakan di TOSS Werdi Guna adalah sistem PLTS-On Grid tanpa *battery* dengan pemasangan *ground mounted*, tujuannya dapat mengurangi dari biaya tagihan rekening listrik. Perencanaan PLTS di TOSS Werdi Guna berkapasitas 32,6kWp dengan jumlah modul 86 unit dan menggunakan 1 unit inverter berkapasitas 33kW. Produksi energi yang dihasilkan oleh PLTS selama setahun sebesar 52.955kWh. Total biaya investasi yang dibutuhkan sebesar Rp.580.469.095 dengan *payback period* selama 7 tahun 4 bulan.

**Kata kunci:** *Renewable Energy, PLTS, On-Grid, Inverter, Modul Surya*

## ABSTRACT

*The use of renewable energy is a solution in the application of clean and environmentally friendly energy, one of which is the use of solar power with the PLTS system. In this study, the PLTS system planned at TOSS Werdi Guna is a PLTS-On Grid system without a battery with a ground mounted installation, the aim is to reduce the cost of electricity bills. PLTS planning at TOSS Werdi Guna has a capacity of 32.6kWp with a number of 86 modules and uses 1 inverter unit with a capacity of 33kW. The energy production produced by PLTS for a year is 52,955kWh. The total investment cost required is IDR 580,469,095 with a payback period of 7 years and 4 months.*

**Key Words :** *Renewable Energy , PLTS, On-Grid, Inverter, Solar Module .*

## 1. PENDAHULUAN

Tempat Olah Sampah Setempat merupakan program mengolah sampah untuk menjadi energi alternatif, program ini dimiliki oleh Pemerintah Kabupaten Klungkung dalam mengatasi permasalahan sampah di daerahnya.

Salah satu TOSS yang ada di Kabupaten Klungkung adalah TOSS Werdi Guna di Desa Gunaksa. Pada TOSS Werdi Guna terdapat mesin pencacah sampah dan mesin pelet yang disupai oleh listrik PLN dengan daya 33kVA.

Dalam mengoperasikan mesin tersebut alangkah lebih baik menggunakan energi listrik yang berasal dari *renewable energy*, selain itu agar lebih efektif dalam mendukung penerapan energi baru terbarukan di Provinsi Bali.

Berdasarkan data Kementerian ESDM tahun 2019 potensi pemanfaatan energi terbarukan paling besar adalah energi surya sebesar 207,8GW [1]. Diketahui bahwa total potensi energi matahari di Bali dapat mencapai sebesar 113.436GWh pertahun [2]

Total pembangkit energi terbarukan yang ada di Provinsi Bali telah mencapai 7MW. Potensi pemanfaatan energi terbarukan di Provinsi Bali dengan fotovoltaik mencapai sebesar 2,1MW serta pembangkitan fotovoltaik saat ini sudah mencapai kapasitas 2.139,2kW [3].

RUEN telah menargetkan Provinsi Bali untuk memanfaatkan energi matahari sebesar 108MWP atau 8,62% dari total potensinya yaitu sebesar 1.254MW, dan perkembangan total kapasitas PLTS yang terpasang di Provinsi Bali sudah mencapai 3,71MWP atau sebesar 3,44% dari yang telah ditargetkan oleh RUEN. Sistem PLTS paling banyak saat ini yaitu sistem *on-grid* dengan kapasitas 3.225kWp lalu diikuti oleh sistem *hybrid* dengan kapasitas 224kWp. [4]

Penelitian yang dilakukan Henokh pada tahun 2019 menjelaskan potensi PLTS Atap dengan adanya PLTS yang telah terpasang di SD Negeri 5 Pedungan Kota Denpasar memiliki potensi energi listrik sebesar 3214,6kWh dengan kemiringan sudutnya sebesar 30,96° tetapi jika sudut kemiringannya itu sebesar 15° maka potensi energi listrik akan lebih besar yaitu 3407kWh [5].

Penelitian Sugirianta pada tahun 2016 menjelaskan tentang analisa ekonomi PLTS Bangli 1MWP dalam menghitung tarif penjualan energi menggunakan metode *Lyfe Cycle Cost*. Hasil yang diperoleh dari tarif penjualan listrik tersebut yaitu sebesar Rp.2.201 per kWh dari harga *Feed-in Tarif* [6].

Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian ini direncanakan pembangkit listrik yaitu PLTS dengan menggunakan sistem *on-grid* di TOSS Werdi Guna Desa Gunaksa. Perencanaan PLTS di TOSS Werdi Guna bertujuan untuk mengurangi pemanfaatan energi listrik yang tidak ramah lingkungan serta dapat melakukan penghematan biaya tagihan listrik bulanan.

## 2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah suatu pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari menjadi energi listrik [7].

### 2.1 Jenis-Jenis PLTS

Berdasarkan jenis-jenis PLTS yang ada, PLTS dapat diklasifikasikan menjadi dua sistem yaitu, (*stand-alone*) berdiri

sendiri, dan sistem *on-grid* (terhubung jaringan). Jika penggunaannya tergabung maka jenis pembangkit tersebut di sebut dengan sistem *hybrid*. [7].

### 2.2 PLTS On-Grid

PLTS *On-Grid* adalah plts yang terhubung dengan jaringan listrik. Untuk sistemnya terbagi menjadi dua, yaitu sistem penyimpanan menggunakan baterai (*Storage*) atau tanpa baterai [7].

### 2.3 Modul Surya (*Photovoltaic*)

Modul surya merupakan sel surya yang telah disusun seri dan paralel tujuannya agar menaikkan nilai arus dan tegangan yang dihasilkan dari modul surya tersebut [8].

### 2.4 Inverter

Inverter berfungsi merubah arus listrik searah (*direct current*) menjadi arus listrik bolak-balik (*alternating current*) [7].

### 2.5 Menghitung Kapasitas PLTS

Untuk menghitung area array PLTS menggunakan persamaan berikut [9].

$$PV \text{ Area} = \frac{E_L}{G_{AV} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{Out}} \quad (1)$$

Keterangan:

- $E_L$  = Pemakaian Energi (kWh/hari)
- $G_{AV}$  = *Insolasi* harian matahari rata-rata (kWh/m<sup>2</sup>/hari)
- $\eta_{PV}$  = Efisiensi Panel Surya
- $TCF$  = *Temperature Correction Factor*
- $\eta_{Out}$  = Efisiensi Inverter

Untuk menghitung daya PLTS menggunakan persamaan sebagai berikut [9]:

$$P \text{ Watt Peak} = \text{Area Array} \times PSI \times \eta_{PV} \quad (2)$$

Keterangan :

- $PSI$  = *Peak Solar Insolation* 1000w/m<sup>2</sup>
- $\eta_{PV}$  = Efisiensi Panel Surya

Dapat ditentukan jumlah modul surya dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [10]

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{\text{Kapasitas PLTS (wp)}}{\text{Kapasitas modul (wp)}} \quad (3)$$

Menentukan jumlah modul surya dapat dihitung total luasan modul surya dengan menggunakan persamaan berikut [11]:

$$\text{Total luas modul surya} = \text{luas 1 unit modul surya} \times \text{jumlah modul surya} \quad (8)$$

Perhitungan banyaknya modul yang di rangkai seri atau paralel menggunakan persamaan berikut [10].

$$R. \text{ seri minimal} = \frac{V_{\min \text{ inverter}}}{V_{oc \text{ Modul}}} \quad (5)$$

$$R. \text{ seri maksimal} = \frac{V_{max \text{ inverter}}}{V_{mp \text{ modul}}} \quad (6)$$

$$R. \text{ paralel maksimal} = \frac{I_{max \text{ inverter}}}{I_{mp \text{ modul}}} \quad (7)$$

Untuk menghitung energi yang dapat dihasilkan selama setahun menggunakan persamaan sebagai berikut [12].

$$E_{out} = P_i \times PSH \quad (8)$$

Keterangan :

$E_{out}$  = Total Energi Output (kWh)

$P_i$  = Total Daya Output (kW)

$PSH$  = Peak Sun Hour (kWh/m<sup>2</sup>/hari)

## 2.6 Orientasi PV Modul

Untuk mencari orientasi PV modul dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [13].

$$\alpha = 90^\circ - \text{lat} + \delta \text{ (N hemisphere)} \quad (9)$$

$$\alpha = 90^\circ + \text{lat} - \delta \text{ (S hemisphere)} \quad (10)$$

Keterangan :

$Lat$  merupakan (*latitude*) atau garis lintang lokasi instalasi PV modul terpasang dalam satuan derajat.

$\delta$  merupakan sudut dari deklinasi matahari (23,45°)

Untuk mencari nilai sudut yang dibentuk PV modul terhadap permukaan bumi  $\beta$  dapat dicari dengan persamaan berikut [13].

$$\beta = 90^\circ - \alpha \quad (11)$$

## 2.7 Biaya Investasi Awal

Pada suatu sistem PLTS biaya investasi umumnya sangat ditentukan oleh biaya dari panel surya tersebut [14].

### 2.7.1 Biaya Operasional dan Pemeliharaan (O&M)

Berikut persamaan untuk mengetahui besarnya biaya operasional dan pemeliharaan [15]:

$$O\&M = 1\% \times IC \quad (12)$$

Untuk nilai sekarang dari biaya tahunan yang akan dikeluarkan beberapa tahun kedepan (selama umur dari PLTS/ n) dengan jumlah pengeluaran tetap dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [15]:

$$O\&M_p = O\&M \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (13)$$

### 2.7.2 Biaya Siklus Hidup (LCC)

*Life Cycle Cost* atau disebut dengan biaya siklus hidup merupakan total dari biaya yang mencakup biaya investasi awal (IC), biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) serta penggantian komponen selama usia PLTS ( $R_{pw}$ ). Berikut persamaan untuk mencari biaya LCC [14]:  $Life \ Cycle \ Cost = IC + O\&M + R_{pw}$  (14)

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Tempat Olah Sampah Setempat (TOSS) Werdi Guna Desa Gunaksa Kabupaten Klungkung. Metode penelitian ini akan dilakukan sebagai berikut:

### 1. Studi Literatur

Untuk mempelajari semua hal yang berhubungan dengan tinjauan pustaka atau dasar teori yang ada untuk mendukung dalam menganalisa.

### 2. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan adalah data mesin listrik, data intensitas iradiasi matahari, data temperatur udara dan data spesifikasi komponen PLTS

### 3. Perencanaan PLTS

Menentukan kapasitas PLTS yang akan di bangkitkan, menganalisa luas modul, jumlah modul dan menentukan kapasitas inverter serta menghitung konfigurasi seri-paralel modul surya.

### 4. Menggambar Desain PLTS

Menggambar desain PLTS agar dapat mengetahui rancangan PLTS dilokasi penelitian, menganalisa ukuran kabel dan menentukan rating pengaman pada modul surya dan inverter.

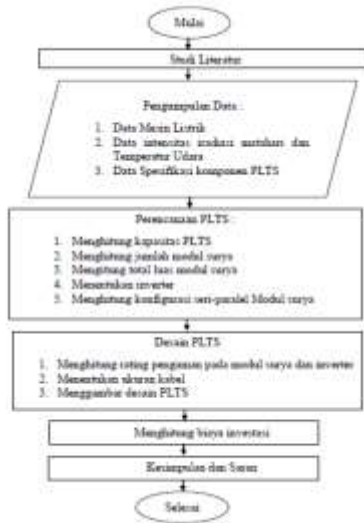
### 5. Menghitung Biaya Investasi

Perhitungan biaya investasi ini bertujuan mengetahui biaya yang dikeluarkan di awal selain itu menghitung jangka waktu yang dibutuhkan agar mendapatkan biaya balik modal.

### 6. Menarik Kesimpulan dan Saran

Mengambil kesimpulan dari seluruh tahapan proses penelitian yang telah dilakukan dan pemberian saran.

Berikut merupakan diagram alir penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir Penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

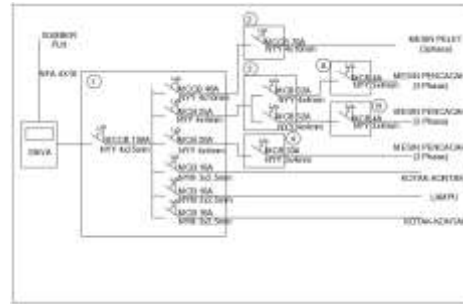
##### 4.1 Gambaran Umum Tempat Olah Sampah Setempat (TOSS) Werdi Guna

TOSS Werdi Guna beralamat di jalan Rama, Dusun Patas, Desa Gunaksa, Kecamatan Dawan, Kabupaten Klungkung. TOSS Werdi Guna memiliki jam kerja selama 5 jam dari pukul 08.00 wita sampai dengan 13.00 wita mulai hari senin hingga hari minggu. TOSS Werdi Guna memiliki luas tanah seluas 1200m<sup>2</sup> dengan luas bangunan 360m<sup>2</sup>.



Gambar 2. TOSS Werdi Guna

TOSS Werdi Guna mendapatkan sumber energi listrik dari jaringan listrik PLN (Perusahaan Listrik Negara) dengan daya yang tersambung sebesar 33KVA.



Gambar 3. Single line TOSS Werdi Guna

##### 4.2 Konsumsi Energi dan Kebutuhan Beban di TOSS Werdi Guna

###### 4.2.1 Konsumsi Energi di TOSS Werdi Guna

Data konsumsi energi atau pemakaian listrik di TOSS Werdi Guna menggunakan data rekening koran yang diperoleh dari PLN.

Tabel 1. Konsumsi Energi (kWh) Selama Setahun di TOSS Werdi Guna

Bulan-Tahun	Daya 33 KVA
	Konsumsi kWh
September 2020	77 kWh
Oktober 2020	76 kWh
November 2020	92 kWh
Desember 2020	275 kWh
Januari 2021	376 kWh
Februari 2021	270 kWh
Maret 2021	206 kWh
April 2021	170 kWh
Mei 2021	156 kWh
Juni 2021	204 kWh
Juli 2021	189 kWh
Agustus 2021	136 kWh
<b>Total</b>	<b>2.227kWh</b>

Dalam kurun waktu selama setahun dari bulan September tahun 2020 hingga bulan Agustus 2021 total konsumsi energinya sebesar 2.2277kWh. konsumsi energi tertinggi berada pada bulan Januari 2021 sebesar 376kWh, sedangkan konsumsi energi paling sedikit berada pada bulan Oktober 2021 sebesar 76kWh.

###### 4.2.2 Kebutuhan Beban Berdasarkan Spesifikasi Data di TOSS Werdi Guna Desa Gunaksa

Untuk jenis beban dan spesifikasi data diperoleh dengan pengamatan secara langsung dilokasi penelitian sedangkan

untuk lamanya mesin beroperasi diperoleh dari wawancara dengan petugas.

Tabel 2. Data Beban Pada TOSS Werdi Guna

No	Jenis Beban	Jumlah	Daya (Watt)	Lama Penggunaan	Konsumsi Energi (Wh)
1.	Lampu Pijar	6	15	12	1080
2.	Motor Listrik 3 Fasa (25HP)	1	18.643	4	74.572
3.	Motor Listrik 3 Fasa (15HP)	1	11.186	4	44.744
4.	Motor Listrik 3 Fasa (10HP)	1	7.457	4	29.828
5.	Motor Listrik 3 Fasa (7,5HP)	1	5.593	4	22.372
Total Konsumsi Energi					172.596Wh

### 4.3 Iradiasi Matahari

Berikut data iradiasi matahari yang digunakan yaitu pada tahun 2020.

Tabel 3. Data Iradiasi Matahari Tahun 2020

Bulan	Iradiasi Matahari (kWh/m2/hari)
Januari	5,76
Februari	5,53
Maret	5,49
April	5,36
Mei	4,9
Juni	5
Juli	5,06
Agustus	6,27
September	6
Oktober	5,80
November	5,78
Desember	4,49
Rata-rata	5,5

Sumber: Website NASA

### 4.4 Temperatur Udara di TOSS Werdi Guna

Data temperatur udara atau suhu yang digunakan adalah data temperatur di daerah Kabupaten Klungkung. Data temperatur dalam rentang waktu 1 tahun di tahun 2020.

Tabel 4. Temperatur Udara di TOSS Werdi Guna 2020

No.	Bulan	Temperatur Udara (°C)
1.	Januari	29 °C
2.	Februari	28,8 °C
3.	Maret	28,7 °C
4.	April	28,7 °C
5.	Mei	28 °C
6.	Juni	27 °C
7.	Juli	26,5 °C
8.	Agustus	26,7 °C
9.	September	27,5 °C
10.	Oktober	28 °C
11.	November	28,7 °C
12.	Desember	28,1 °C

Sumber: Website NASA

### 4.5 Perencanaan PLTS di TOSS Werdi Guna

**4.5.1 Kapasitas PLTS yang dibangkitkan**  
Kapasitas PLTS yang akan direncanakan nantinya dapat mensuplai besar penggunaan atau konsumsi energi listrik harian di TOSS Werdi Guna.

#### 4.5.2 Pemilihan Modul Surya

Modul surya yang digunakan adalah modul surya tipe JB Series 380M Monocrystalline dengan daya output per modulnya sebesar 380Wp

#### 4.5.3 Pemilihan Inverter

Kapasitas inverter nantinya akan digunakan yaitu mendekati dari kapasitas output dari modul surya atau lebih besar, maka inverter yang digunakan yaitu Growatt 33000TL3-S.

#### 4.5.4 Perhitungan Area Array dan Perhitungan Energi Listrik yang di Suplai dari PLTS

Untuk Mencari tahu luas area array dapat dicari dengan persamaan (1)

$$PV\ Area = \frac{172,6kWh}{5,5 \times 0,1956 \times 0,98 \times 0,988}$$

$$PV\ Area = 165,8m^2$$

Nilai PV area yang dibutuhkan sebesar 165,8m<sup>2</sup>. Nilai yang diperoleh ini adalah luas PV area yang nanti dibutuhkan untuk membangkitkan kebutuhan energi perhari.



#### 4.5.5 Menghitung Daya yang Akan dibangkitkan PLTS

Dapat dihitung besar daya yang akan dibangkitkan oleh PLTS dengan persamaan berikut.

$$P \text{ Watt Peak} = 165,8m^2 \times 1000W/m^2 \times 0,1956$$

$$P \text{ Watt Peak} = 32.430Wp \text{ atau } 32kWp$$

#### 4.5.6 Jumlah Modul Surya

Jumlah modul surya yang akan digunakan dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{P \text{ (Watt Peak)}}{P_{MPP}}$$

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{32.340Wp}{380Wp}$$

$$\text{Jumlah Panel Surya} = 85,3$$

Untuk memudahkan konfigurasi rangkaian seri-paralel modul surya maka jumlah modul dibulatkan menjadi 86 unit modul surya. Maka untuk kapasitas PLTS yang direncanakan nantinya menjadi 86 unit x 380Wp = 32.680Wp atau 32,6kWp

Luas Lahan yang dibutuhkan dalam pemasangan modul surya dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Total Luas Modul Surya} = (1955mm \times 992mm) \times 86 = 166.784.960mm = 166,7m^2$$

#### 4.5.7 Orientasi Kemiringan Modul Surya

Diketahui nilai  $\delta$  merupakan sudut dari deklinasi matahari dengan nilai  $(23,45^\circ)$  dan Lat (*latitude*) adalah  $8,54^\circ$  Untuk mencari nilai orientasi kemiringan modul surya dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$\alpha = 90^\circ + \text{lat} - \delta$$

$$\alpha = 90^\circ + 8,54 - 23,45$$

$$\alpha = 75,09^\circ$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

$$\beta = 90^\circ - 75,09$$

$$\beta = 14,91^\circ$$

Maka diperoleh sudut kemiringan optimal yang didapatkan yaitu sebesar  $14,91^\circ$ .

#### 4.5.8 Konfigurasi Seri-Paralel

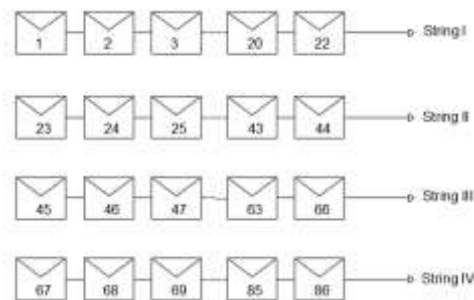
Untuk mengetahui banyaknya modul dirangkai seri atau paralel dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$R. \text{ seri minimal} = \frac{250V}{46,27V} = 5,4 = 5 \text{ unit}$$

$$R. \text{ seri maksimal} = \frac{1000V}{38V} = 26,3 = 26 \text{ unit}$$

$$R. \text{ paralel maksimal} = \frac{72A}{10A} = 7,2 = 7 \text{ unit}$$

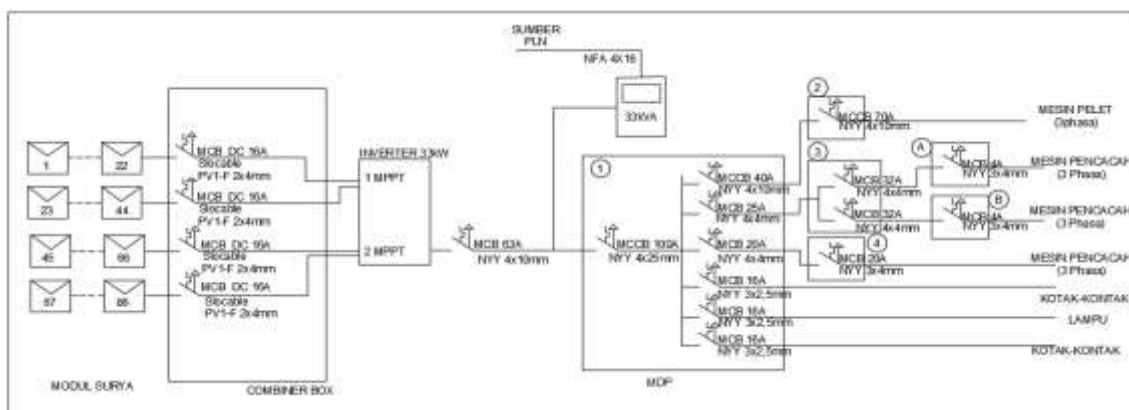
Berikut gambar rangkaian per string modul yang digunakan.



Gambar 4. Rangkaian Modul Surya Per String

#### 4.5.9 Sistem Kelistrikan PLTS di TOSS Werdi Guna

Berikut merupakan gambar single line diagram PLTS di TOSS Werdi Guna



Gambar 4. *Single Line* Diagram Sistem Kelistrikan PLTS di TOSS Werdi Guna

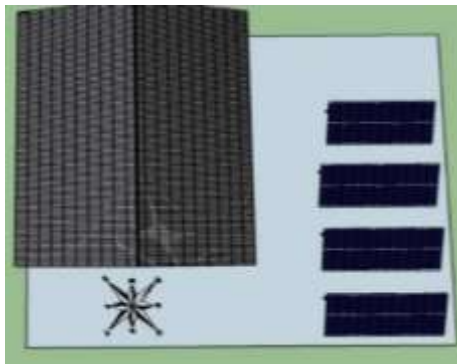
**4.5.10 Layout PLTS di TOSS Werdi Guna**

Berikut gambar lokasi di TOSS Werdi Guna yang nantinya akan direncanakan pemasangan atau peletakkan modul surya di lahan yang tersedia.



Gambar 5 Lokasi Penelitian di TOSS Werdi Guna

Berikut merupakan gambar desain pemasangan modul surya keseluruhan yang diletakkan pada lahan di TOSS Werdi Guna.



Gambar 6. Desain Pemasangan Modul Surya Tampak Atas (A)



Gambar 7. Desain Pemasangan Modul Surya Tampak Samping

**4.6 Daya Output dan Energi Listrik PLTS di TOSS Werdi Guna**

**4.6.1 Daya Output PLTS**

Daya *output* PLTS di TOSS Werdi Guna sebesar 32,6kWp, tetapi terdapat *losses* atau rugi-rugi baik dari komponen PLTS ataupun sistemnya. Berikut jenis *losses* yang dapat mempengaruhi daya *output* dari PLTS.

Tabel 5 Jenis-jenis *Losses*

Jenis <i>Losses</i>	Persentase
<i>Losses Manufacture (Power Tolerance)</i>	3%
<i>Losses dirt/ kotoran (debu, kotoran burung, dll)</i>	3%
<i>Losses temperature modul</i>	5,7%
<i>Losses kabel</i>	3%
<b>Total <i>Losses</i></b>	<b>18,7%</b>

Daya *output* PLTS setelah adanya *losses* dapat di cari dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \text{Output PLTS} &= P_{\text{max}} - (P_{\text{max}} \times \text{losses}) \\ &= 32,2\text{kW} \quad (32,6\text{kW} \times 18,7\%) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 32,6\text{kW} - 6\text{kW} \\ &= 26,6\text{kW} \end{aligned}$$

Besar daya output dengan adanya *losses* yaitu sebesar 26,6kW

**4.6.2 Perhitungan Energi Listrik**

Untuk mencari energi yang dapat dihasilkan oleh PLTS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$\begin{aligned} \text{Energi Output} &= P_i \times \text{PSH} \\ &= 26,6\text{kw} \times 5,76\text{h (januari)} \\ &= 153\text{kWh} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui energi yang dihasilkan selama setahun dapat dilihat pada tabel 6. Untuk *Peak Sun Hour* dalam sehari mencapai 4,49 hingga 6,27.

Tabel 6. Produksi Energi PLTS di TOSS Werdi Guna

Bulan	PSH h (Amar)	Pi (kW)	Energi Output (kWh)	
			Per-hari	Per-Bulan
Januari	5,76	26,6kW	153	4.750
Februari	5,53		147	4.119
Maret	5,48		146	4.527
April	5,56		143	4.290
Mei	4,9		130	4.041
Juni	5		133	3.990
Juli	5,06		135	4.185
Agustus	6,27		167	5.170
September	6		160	4.800
Oktober	5,80		154	4.774
November	5,78		154	4.620
Desember	4,49		119	3.689
<b>Total</b>				<b>52.955 kWh</b>

Dapat dilihat pada Tabel 7 perbandingan produksi energi dengan konsumsi energi selama setahun, untuk mencari produksi energi dapat menggunakan persamaan (8).

Tabel 7. Perbandingan Produksi Energi dengan Konsumsi Energi Selama Setahun

Bulan Tahun	Konsumsi Energi (kWh)	Produksi Energi (kWh)
Januari	376	4.750
Februari	270	4.119
Maret	206	4.527
April	170	4.290
Mei	156	4.041
Juni	204	3.990
Juli	189	4.185
Agustus	136	5.170
September	77	4.800
Oktober	76	4.774
November	92	4.620
Desember	275	3.689
<b>Total</b>	<b>2.227kWh</b>	<b>52.955kwh</b>

**4.7 Investasi**

Biaya investasi awal terdiri dari biaya komponen PLTS, biaya pengiriman, pemasangan instalasi, kabel dan biaya kontruksi penyangga. Total biaya investasi awal (IC) sebesar Rp.390.567.165

**4.7.1 Biaya Operasional & Pemeliharaan (O&M)**

Untuk biaya operasional dan pemeliharaann PLTS (O&M) di TOSS Werdi Guna selama 25 tahun yaitu sebesar Rp.59.561.482, nilai ini diperoleh dari penggunaan persamaan (12) dan (13).

**4.7.2 Biaya Pergantian Komponen Inverter**

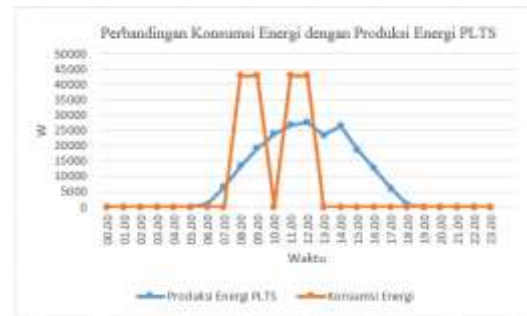
Total biaya untuk pergantian komponen inverter (Rpw) setiap 7 tahun yaitu sebesar Rp.130.347.448

**4.7.3 Biaya Siklus Hidup (Life Cycle Cost)**

Biaya Siklus Hidup adalah total biaya yang mencakup dari investasi awal, biaya operasional (O&M) dan pergantian komponen. Sehingga untuk biaya siklus hidup diperoleh sebesar Rp.580.476.095

**4.8 Perbandingan Konsumsi Energi dengan Produk PLTS Berdasarkan Data Irradiasi Matahari Selama 1 Hari**

Diasumsikan ke empat motor di operasikan secara bersamaan dengan lama operasi selama 4 jam, maka dapat dilihat pada Gambar 7 perbandingan konsumsi energi dengan produksi energi PLTS.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Konsumsi Energi dengan Produksi Energi PLTS

Dapat dilihat dalam jangka waktu satu hari PLTS dapat memproduksi energi mulai dari pukul 06.00 hingga dengan pukul 18.00. Pada pukul 06.00 hingga pukul 07.00 terjadi ekspor energi dikarenakan belum adanya konsumsi energi. Pada pukul 08.00 hingga pukul 09.00 terjadi impor energi dikarenakan produksi energi lebih kecil dibanding sengan konsumsi energi. Pukul 10.00 terjadi ekspor energi dikarenakan pada waktu tersebut mesin tidak dioperasikan atau dalam kondisi diistirahatkan. Pukul 11.00 sampai pukul 12.00 terjadi impor energi karena produksi energi lebih kecil dari konsumsi energi.



Pukul 13.00 sampai 18.00 terjadi ekspor energi dikarenakan tidak adanya penggunaan energi dilokasi.

**4.9 Penghematan Tagihan Energi Listrik**

Dapat dilihat pada Tabel 8 merupakan penghematan tagihan energi listrik sebelum dan sesudah adanya PLTS di TOSS Werdi Guna. Diasumsikan konsumsi energi setiap bulannya sebesar 5.316kWh maka diperoleh tagihan sebelum adanya PLTS setiap bulannya sama dengan mensimulasikan di web PLN.

Tabel 8. Penghematan Tagihan Energi Listrik

Bulan	Tagihan Energi Listrik		Penghematan
	Sebelum PLTS	Sesudah PLTS	
Januari	Rp.8.454.028	Rp.1.907.004	Rp.6.547.024
Februari	Rp.8.454.028	Rp.1.907.004	Rp.6.547.024
Maret	Rp.8.454.028	Rp.1.907.004	Rp.6.547.024
April	Rp.8.454.028	Rp.1.907.004	Rp.6.547.024
Mei	Rp.8.454.028	Rp.2.026.191	Rp.6.427.837
Juni	Rp.8.454.028	Rp.2.107.239	Rp.6.346.789
Juli	Rp.8.454.028	Rp.1.907.004	Rp.6.547.024
Agustus	Rp.8.454.028	Rp.1.907.004	Rp.6.547.024
September	Rp.8.454.028	Rp.1.907.004	Rp.6.547.024
Oktober	Rp.8.454.028	Rp.1.907.004	Rp.6.547.024
November	Rp.8.454.028	Rp.1.907.004	Rp.6.547.024
Desember	Rp.8.454.028	Rp.2.585.578	Rp.5.868.450
<b>Total</b>	<b>Rp.101.448.336</b>	<b>Rp. 23.882.044</b>	<b>Rp.77.566.292</b>

Dapat dilihat pada Tabel 8 pada bulan Mei, Juni, dan Desember nilai tagihan setelah adanya PLTS lebih besar dari bulan lainnya, dikarenakan nilai tagihan tersebut lebih besar dari pada nilai tagihan rekening minimum (RM) maka dari itu nilai tagihan yang harus dibayar sebesar nilai tersebut.

**4.10 Payback Period**

Untuk mencari tahu lamanya balik modal dalam investasi PLTS di TOSS Werdi Guna dapat menggunakan persamaan berikut [16].

$$Payback\ Period = \frac{Jumlah\ Investasi}{Aliran\ Kas\ Bersih}$$

$$Payback\ Period = \frac{Rp580.476.095}{Rp. 77.566.292}$$

$$Payback\ Period = 7\ Tahun, 4\ Bulan$$

Dapat dilihat pada Gambar 8 merupakan grafik *payback period* dari invetasi perencanaan PLTS.



Gambar 8 Grafik *Payback Period*

**5. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, di peroleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Kapasitas PLTS yang dapat dibangkitkan untuk memenuhi kebutuhan di TOSS Werdi Guna sebagai sumber energi listrik mesin pencacah dan mesin pelet adalah sebesar 32,6kWp
2. Rancangan PLTS di TOSS Werdi Guna menggunakan sistem *on-grid* dengan jumlah modul surya yang digunakan sebanyak 86 unit yang diletakkan pada lahan dan menggunakan 1 inverter *on-grid* 3 fasa dengan inverter berkapasitas 33kW.
3. Biaya Investasi atau *LCC (Life Cycle Cost)* yang dibutuhkan untuk perencanaan PLTS di TOSS Werdi Guna Desa Gunaksa Kabupaten Klungkung sebesar Rp.580.476.095. *Payback Period* atau jangka waktu untuk balik modal dalam investasi perencanaan PLTS dibutuhkan waktu selama 7 tahun 4 bulan.

**6. Daftar Pustaka**

[1]. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2019. Kebijakan Regulasi Dan Inisiatif Pengembangan Energi Surya Di Indonesia

[2]. Sah, B. P. and Wijayatunga, P. 2017. *Geographic Information System-Based Decision Support System For Renewable Energy. Dvelopment An*

- Indonesian Case Study. Adb Sustainable Development Working Paper Series.*
- [3]. I.N.S. Kumara, W.G. Ariastina, I.W. Sukerayasa, and I.A.D. Giriantari 2014. *On the potential and progress of renewable electricity generation in Bali, 2014 6th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, 2014, pp.1-6, doi: 10.1109/ICITEED.2014.7007944.
- [4]. A.A.G.A Pawitra, I.N.S. Kumara, and W.G. Ariastina. 2020. Rievew Perkembangan PLTS di Provinsi Bali Menuju Target Kapasitas 108 MW Tahun 2025. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol. 19 No.2, Juli-Desember 2020.
- [5]. H. Kristiawan, I.N.S. Kumara, and I.A.D. Giriantari. 2019. Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar. *Jurnal SPEKTRUM* Vol.6, No.4 Desember 2019.
- [6]. I.B.K. Sugirianta, I.A.D. Giriantari, and I.N. Satya Kumara. 2016. Analisa Keekonomian Tarif Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1MWp Bangli Dengan Metode *Life Cycle Cost*. *Teknologi Elektro*, Vol. 15 No. 2, Juli-Desember 2016.
- [7]. Rahmawati, Y and Sujito. 2019. *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- [8]. Gultom, T. T.2015. *Pemanfaatan Photovoltaic Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya*.
- [9]. Duka, Eric Timotius Abit., Setiawa, I, N. and Ibi Weking, A. 2018. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga dan Pengairan Kabupaten Badung*. *E-Journal SPEKTRUM*, Vol 5, No 2. Desember 2018.
- [10]. Hariyati, R., Qosim, M. N., Hasanah, A.W., 2019. Konsep Fotovoltaik Terintegrasi *On Grid* dengan Gedung STT-PLN. *Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah*, Vol.11, No, Januari-Juni 2019.
- [11]. Agung, J. W., Irwan, M., Muallim, I. and Saddam, S. 2012. *Perencanaan PLTS Untuk Wilayah Kabupaten GOWA Dusun Pakkulompo Provinsi Sawesi Selatan*. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [12]. Pradika, G., Ida, A.D.G., I,N,S. 2020. *Potensi Pemanfaatan Atap Tribun Stadion Kaptan I Wayan Dipta Gianyar sebagai PLTS Rofftop*. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol.19, No 2.
- [13]. ABB. 2010. *Technical Application Papers No. 10 Photovoltaic Plants*.
- [14]. Foster, R., Ghassemi, M. And Cota, A 2010. *Solar Energy: Renewable Energy and The Environment, Hydroelectric energy: Renewable Energy and the Environment, Edited by A. Ghassemi*. Boca Raton: CRC Press.
- [15]. Al Bahar, A. K. and Maulana, A. T. 2018. *Perencanaan dan Simulasi Sistem PLTS Off-Grid Untuk Penerangan Gedung Fakultas Teknik UNKRIS*. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, Vol 6, No 3, Juni 2018
- [16]. Ramadhan, S. G., Rangkuti, Ch. 2016. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Mandiri Untuk Rumah Tinggal*. *Seminar Nasional Cendekiawan*